



BEZPEČNOSŤ VYUŽÍVANIA STAVEBNÝCH IZOLAČNÝCH MATERIÁLOV

THE SAFETY OF BUILDING INSULATION MATERIALS

Veronika VEL'KOVÁ¹, Anton OSVALD², Vladimír LALÍK³, Martin ZACHAR⁴

SUMMARY:

This paper brings new information on pollutants produced by combustion of building materials based on PUR. The subject of evaluation was the emission of hydrogen cyanide, a important PUR combustion product from toxicology point of view. Sample collection, laboratory sample analysis and comparison of results with the legislation limits were performed.

Sampling was conducted by standard sampling equipment supplied by co. EMIMAT. Samples were taken by stainless steel sampling probe connected to a set of absorbers filled with absorber solution by a silicone tubes. Subsequent to absorbers was a layer of silica gel to separate the gas moisture. Gas flow was determined by flow meter and supplied by membrane pump. Concentration of pollutants was analyzed by colorimetry, which is a analytic method recommended for HCN analysis by several authors. Results were corrected for standard conditions (20°C, 101,3 kPa) and compared with highest acceptable exposition limit (NPEL). According to government regulation no. 300/2007 coll., appendix no. 1, highest acceptable exposition limit for HCN in work environment air is 2,1 mg/m³. Measured values of HCN were in range from 10 to 160 mg in analysed combustion gases. Results indicate that acceptable limits according to legislation were exceeded several times.

KEYWORDS: fire resistance, toxicity integrated security

ÚVOD

Stalo sa pravidlom hovoriť či písať o integrovanej bezpečnosti. Tento pojem zahŕňa všetky aspekty bezpečnosti, od bezpečnosti práce až po bezpečnosť odpočinku. Samozrejme zahŕňa aj bezpečnosť priestoru, v ktorom sa človek pohybuje či už pri práci alebo pri odpočinku. Jedným z kritérií na bezpečnosť priestoru je aj jeho bezpečnosť pred vznikom požiaru. K tomu slúži celý rad testov a hodnotení materiálov používaných v stavebníctve. Nové predpisy Európskej únie priniesli systém a poriadok do hodnotenia materiálov z hľadiska protipožiarnej ochrany a ich používania v stavbách (budovách). Vývoj nových materiálov, hlavne zatepľovacích systémov, si zrejme vyžiada doplnenie informácií o materiáloch, aby spomínaná bezpečnosť bola naozaj internovaná.

Predmetom článku je sledovanie vzniku toxických splodín, ktoré sa tvoria pri zatepľovacích systémoch dodatočného zatepľovania, ktoré spĺňajú všetky požiadavky z hľadiska požiarnej odolnosti, no zabudlo sa na tvorbu toxických látok pri prebiehajúcom požiari.

1. HODNOTENIE POŽIARNEJ ODOLNOSTI

Cieľom je určiť harmonizovaný postup klasifikácie požiarnej odolnosti stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Táto klasifikácia je založená na skúšobných postupoch. Určuje sa postup klasifikácie stavebných výrobkov a prvkov stavieb na základe údajov zo skúšok požiarnej odolnosti a zo skúšok tesnosti proti prieniku dymu, ktoré sú ohraničené oblasťou priamej aplikácie podľa príslušnej skúšobnej metódy [7].

¹ Veronika Veľková, Ing., PhD., Katedra chémie a chemických technológií, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 96053 Zvolen, veronika@vsld.tuzvo.sk

² Anton Osvald, prof., PhD., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta špeciálneho inžinierstva, Žilinská univerzita, ul. 1. Mája 32, 01026 Žilina, anton.osvald@fsi.uniza.sk

³ Vladimír Lalík, Slovenská inšpekcia životného prostredia, Jegorovova 29 B, 97401 Banská Bystrica, vladimir.lalik@gmail.com

⁴ Martin Zachar, Ing., PhD., Katedra protipožiarnej ochrany, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T.G.Masaryka 24, 96053 Zvolen, zachar@vsld.tuzvo.sk

Táto európska norma platí pre:

- nosné prvky bez požiarnej deliacej funkcie, ako sú: steny, stropy, strechy, nosníky, a i.,
- nosné prvky s požiarou deliacou funkciou so zasklením, prevádzkovými zariadeniami a príslušenstvom alebo bez nich, ako sú: steny, stropy, strechy, zvýšené podlahy,
- výrobky a systémy na ochranu prvkov alebo častí konštrukcií,
- nenosné prvky alebo časti konštrukcií,
- obklady stien a podhládov majúce schopnosť protipožiarnej ochrany,
- výťahové šachtové dvere.

Všeobecne sa požaduje určenie požadovaných kritérií príslušnej stavebnej konštrukcie - nosnosť, celistvosť alebo schopnosť izolácie. Špecifikujú sa aj ďalšie voliteľné vlastnosti, menovite radiácia, mechanické hľadiská, schopnosť samouzatvárania a prienik dymu, a pod. hodnotený stavebný výrobok spĺňa základné kritériá stavebnej konštrukcie – nosnosť, celistvosť alebo schopnosť izolácie.

1.1 Kritérium únosnosti – R

Nosnosť R je schopnosť prvku konštrukcie odolávať určitý čas požiaru pôsobiacemu na jednu alebo viacero strán pri určenom mechanickom namáhaní bez straty jeho konštrukčnej pevnosti. Kritériá na hodnotenie hroziaceho zrútenia sa menia v závislosti od druhu nosného prvku.

1.2 Kritérium celistvosti - E

Celistvosť E je schopnosť prvku konštrukcie, ktorý má požiaru deliacu funkciu, odolávať požiaru pôsobiacemu len z jednej strany bez jeho prenosu na nenamáhanú stranu v dôsledku prieniku plameňov alebo horúcich plynov. Tie môžu spôsobiť vznietenie buď nenamáhaného povrchu, alebo akéhokoľvek materiálu nachádzajúceho sa v jeho blízkosti. Posúdenie celistvosti niektorých prvkov si vyžaduje doplnkové merania alebo celistvosť nemusí byť určená ani podľa jedného z troch kritérií uvedených v predošlom odseku. Metodika sa pre tieto prípady určuje v špecifických skúšobných normách.

1.3 Kritérium tepelnej izolácie – I

Tepelná izolácia I je schopnosť prvku konštrukcie odolávať požiaru pôsobiacemu len z jednej strany bez prenosu požiaru ako dôsledku významného prechodu tepla z namáhanéj strany na nenamáhanú. Prechod

tepla musí byť obmedzený tak, aby sa ani nenamáhaná strana ani nijaký materiál v jej tesnej blízkosti nevznietili. Prvok musí poskytovať aj zábranu proti šíreniu tepla dostatočnú na ochranu ľudí v jeho blízkosti.

Pre všetky deliace prvky okrem dverí a uzáverov sa za medzný stav na určenie tepelnej izolácie považuje vzrast priemernej teploty na nenamáhanom povrchu, obmedzený na 140 °C nad začiatočnú priemernú teplotu, pričom vzrast maximálnej teploty v ktoromkoľvek bode je obmedzený na 180 °C nad začiatočnú priemernú teplotu.

1.4 Kritérium radiácie – W

Radiácia W je schopnosť prvku konštrukcie odolávať požiaru pôsobiacemu len z jednej strany a znížiť pravdepodobnosť prenosu požiaru ako dôsledku vyžiareného tepla významnej hodnoty buď cez prvok, alebo z jeho nenamáhanéj strany na materiály ležiace v jej blízkosti. Prvok môže byť potrebný aj na ochranu ľudí v okolí.

Porušenie kritéria celistvosti stavom „trhlina a otvory presahujúce určené medze“ alebo stavom „trvalé horenie plameňom na nenamáhanéj strane“ znamená automaticky porušenie kritéria radiácie.

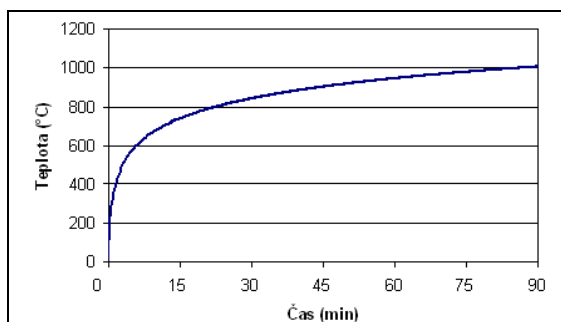
2. POSTUP SKÚŠKY, POŽIARNE SCENÉRIE A ZARIADENIA

Druhá základná požiadavka smernice EÚ o stavebných výrobkoch sa týka šírenia požiaru a dymu a nosnosti konštrukcie. Tieto požiadavky sú splnené preukázaním požiarnej odolnosti nosných alebo deliacich prvkov. Požiaru odolnosť nosných alebo požiaru deliacich prvkov musí byť určená použitím jednej alebo viacerých úrovní tepelného namáhania.

Normová krivka teplota/čas (požiar po objemovom vzplanutí) je najstaršia, najznámejšia a najpoužívannejšia teplotná krivka. Keď sa ako východisko pre skúšanie použije normová závislosť teplota/čas, má byť aplikovaná na celé trvanie skúšky. Závislosť, ktorá je modelom úplne rozvinutého požiaru v priestore, je daná vzorcom (1) (pozri obrázok 1). Ďalšie podrobnosti týkajúce sa praktického uplatnenia tejto krivky a ostatných skúšobných parametrov, napríklad tolerancií, sa udávajú v EN 1363-1 [14].

$$T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20 \quad (1)$$

Kde: t – čas od začiatku skúšky (min),
 T – priemerná teplota v peci ($^{\circ}\text{C}$).



Obrázok 1. Pribeh krivky teplota/čas (požiar po objemovom vzplanutí) pribeh podľa vzorca (1)

3. MATERIÁLY NA BÁZE POLYURETANOVEJ PENY

Polyuretány (PUR) sú kopolyméry tvorené nízkomolekulovými polyesterami alebo polyétermi spojených kovalentnou väzbou cez charakteristickú skupinu – NH-CO-O- [4]. Ich vlastnosti závisia od polymerizačného stupňa, štruktúry, ktorej typickým znakom sú rozvetvené a zosieťované makromolekuly a od dĺžky úsekov medzi jednotlivými uretánovými skupinami [10].

V súčasnosti sa veľmi často využívajú na stavebné účely sendvičové konštrukcie. Ich výhodou je nízka hmotnosť, jednoduchá inštalácia a dobré tepelno a zvukovo izolačné vlastnosti. Skladajú sa z dvoch vrstiev kovovej zliatiny, medzi ktorými sa nachádza vrstva tepelnoizolačnej hmoty [5].

Nevýhodou polyuretánov je ich reakcia na oheň triedy E, rýchle dosiahnutie vysokých teplôt, vysoký stupeň zadymenia priestoru a tvorba toxických a horľavých plynov a zlúčenín. Táto vlastnosť polyuretánov sa prejavuje hlavne pri penovom polyuretáne používanom ako zvukovo a tepelnoizolačný materiál. Použitie rôznych retardérov horenia znižujúcich uvedené nepriaznivé vlastnosti môže vyvolať problém produkcie vlastných toxických plynov [9, 11].

Pri spaľovacích procesoch PUR vznikajú oxidy uhlíka (CO, CO₂), voda, oxidy dusíka (N₂O, NO, NO₂) a kyanovodík [11, 12]. Esperanza et.al. [2] identifikovali v spalínach zo spaľovania PUR aj 6 horľavých uhľovodíkov (metán, etylén atď.) a 31 prchavých

a poloprchavých produktov (benzén, toluén, naftalén atď.).

Oxid uhličitý CO₂, sám o sebe nie je škodlivý pre človeka ani pre živú prírodu. Jeho škodlivosť súvisí so skleníkovým efektom, ktorý vo svojich dôsledkoch vedie k postupnému otepľovaniu zemského povrchu. Oxid uhoľnatý (CO) vzniká pri nedokonalom spaľovaní všetkých horľavých materiálov, ako napr. dreva, textilu a plastov. Reaguje s hemoglobínom za vzniku karboxyhemoglobínu (COHb). Afinita hemoglobínu k oxidu uhoľnatému je viac ako 200 krát vyššia ako ku kyslíku, preto pôsobí už v malých koncentráciách: brzdí až zastavuje oxidačné procesy v organizme [3]. Oxidy dusíka výrazne ovplyvňujú rovnováhu ekosystémov a majú negatívny vplyv na zdravie živých organizmov. Sú schopné zasiahnuť všetky časti dýchacieho aparátu a sú hlavnou príčinou fotochemického smogu a kyslých dažďov [8].

Z toxikologického hľadiska patrí kyanovodík HCN medzi veľmi významné jedy. Do súčasnej doby sa používa ako mimoriadne účinný rodenticídny a insekticídny prostriedok – URAGAN D2 (plynovanie mlynov, sýpok a priestorov na ničenie škodlivého hmyzu a hlodavcov). Má silno dusivý účinok, nepriaznivo ovplyvňuje vnútorné dýchanie tkanív (cyanóza). Kyanidový ión CN⁻ sa veľmi rýchlo vstrebáva pľúcami (inhalácia), žalúdočnou sliznicou (požitie) i neporušenou pokožkou. Akútne otrava má priebeh silne závislý od množstva vstrebanej látky a často končí smrťou. Ako najmenšia dávka usmrčujúca človeka sa udáva 0,04 g. Pri menej prudkom priebehu otravy sú bolesti hlavy, závrate, nevoľnosť, pričom kritická je 1. hodina. Čuchom rozoznávame koncentráciu nad 6 mg/m³ (horkomandľový zápach), antidótom je amylnitrit, ktorý sa aplikuje inhalačne. [1].

Súčasný výskum dokazuje, že v prípade úmrtí osôb v dôsledku spaľovania polyuretánu, bol kyanovodík vždy prítomný [15]. Vzniká vtedy, keď sa spaľuje materiál obsahujúci dusík. Jeho vznik v procese spaľovania však dodnes nebol dostatočne objasnený, pretože každý oheň/požiar je jedinečný odlišujúci sa od ostatných množstvom horľavého materiálu, konštrukciou stavby a spaľovacími podmienkami [6]. Tieto faktory komplikujú identifikáciu jednotlivých plynných zložiek vznikajúcich v procese spaľovania.

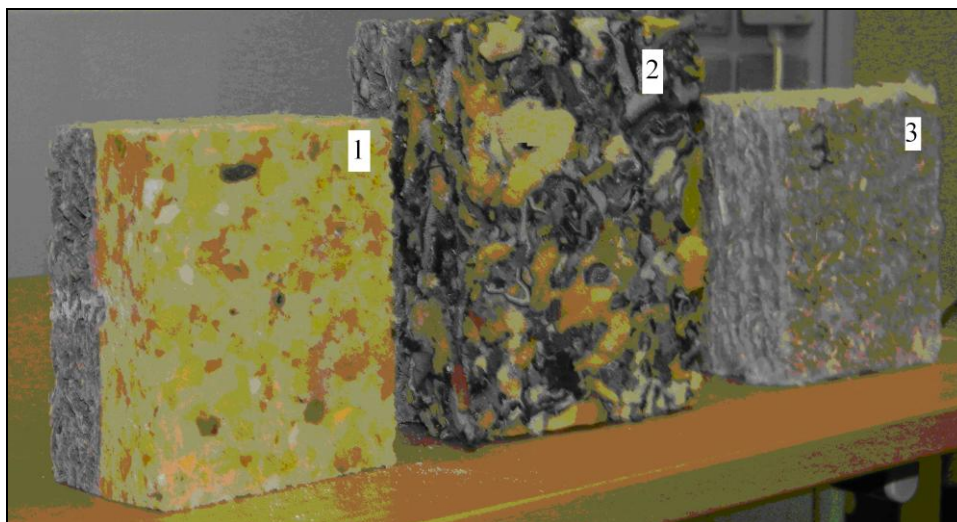
Všeobecne existujú dve metódy pre hodnotenie toxicity plynných zložiek:

- testy na zvieratách, pri ktorých sú zvieratá (potkan, myš) priamo exponované určitej látke,
- analýza všetkých produktov rozkladu a spaľovania a ich vyhodnotenie porovnaním výsledkov analýz s toxikologickými údajmi publikovanými v literatúre.

4. MATERIÁL A METODIKA EXPERIMENTU

Skúšaný materiál pozostával z dvoch častí, nehorľavej na báze cementovláknitej dosky, a horľavého tepelnoizolačného materiálu na báze PUR, u ktorého bol predpoklad vývoja toxických plynov. Stavebný materiál pre dodatočné zateplenie bol testovaný podľa uvedených podmienok na požiaru odolnosť a spĺňal všetky kritériá na zatriedenie REI/REW 30 min. To znamená, že z hľadiska

jeho požiarnej odolnosti nenastali za 30 min žiadne skutočnosti, ktoré by znamenali porušenie základných vyššie popísaných kritérií. Na obrázku 2 sú vzorky testovaného materiálu. Vzorky sa líšili len druhom tepelnej izolácie a podielom PUR v tepelnej izolácii. Neboli inak hodnotené, testovali sa anonymne len očíslovaním, a tak aj uvádzame údaje o nich v tabuľkách a grafoch. Z dodaného materiálu boli vyhotovené vzorky rovnakých rozmerov, ktoré sa testovali priamym pôsobením plameňa na vzorku pozri obrázok 3. Každá vzorka sa testovala príslušný čas, a v danom časovom intervale bola odobraná vzorka spalín na ďalšiu analýzu. Pre každú vzorku materiálu a každý časový interval boli použité tri vzorky. V článku uvádzame priemer z týchto troch meraní.



Obrázok 2. Vzorky Krupinitu s tepelnou izoláciou z polyuretánu

Predmetom hodnotenia boli emisie kyanovodíka, z toxikologického hľadiska významného produktu spaľovania PUR. Na hodnotenie jeho toxicity sa použila metóda b) t.j. uskutočnil sa odber vzorky, analýza v laboratórnych podmienkach a porovnanie s limitnou hodnotou uvedenou v legislatíve

Na odber plynných vzoriek sa použila štandardná odberová aparátúra Fy EMIMAT. Odber sa vykonal nerezovou sondou napojenou silikónovými hadicami na sústavu absorbérov naplnených absorpčnými roztokmi. Za absorbéry bola zaradená vrstva silikagélu, kde sa zachytila vlhkosť plynu. Prietok sa meral prietokomerom, zdrojom odsávania bolo membránové čerpadlo. Odberová aparátúra

EMIMAT obsahuje aj časomerné zariadenie – stopky.

Počas odberu sa určili stavové podmienky plynu, ktoré sa použili vo výpočtoch. Odber vzoriek sa uskutočnil do 2 ks absorbérov zapojených za sebou. Absorpčným roztokom bol NaOH Po ukončení odberu sa vzorky dopravili do laboratória, kde sa do 24 h uskutočnilo stanovenie znečisťujúcej látky vo vzorke.

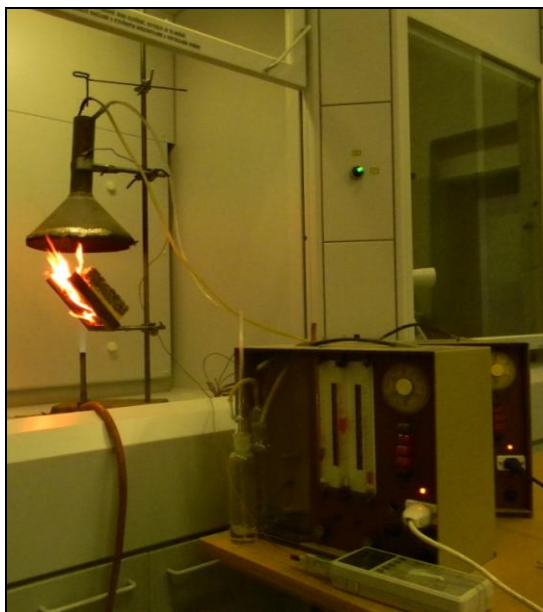
Na stanovenie znečisťujúcich látok vo vzorkách bola použitá kolorimetrická metóda, ako jedna z metód odporúčaných na stanovenie HCN v prácach zahraničných autorov [6]. Výsledky analýz boli prepočítané

na štandardné stavové podmienky (teplota 20 °C, tlak 101,3 kPa) a porovnané s najvyšším prípustným expozičným limitom (NPEL). V zmysle nariadenia vlády SR č. 300/2007 Z. z. príloha č.1 [13] je najvyšší prípustný expozičný limit v pracovnom ovzduší pre kyanovodík 2,1 mg/m³.

$$c_{st} = \frac{273,15 + t}{273,15} \times \frac{101,325}{101,325 + p} \times c_n \quad (2)$$

Kde:

c_{st} – koncentrácia plynu prepočítaná na štandardné stavové podmienky,
 t – teplota spalín počas merania,
 p – tlak prostredia nameraný počas odberu vzoriek,
 c_n – nameraná koncentrácia.



Obrázok 3. Vzorka pri skúške spolu s odberným a meracím zariadením

5. VÝSLEDKY A DISKUSIA

U všetkých vzoriek bola stanovená určitá hladina kyanovodíku už po 3 minútach (pozri obrázkoch 4 – 7). To ukazuje, že HCN pri požiari vzniká veľmi rýchlo. To je veľmi dôležitý fakt v protipožiarnej ochrane ľudí v budovách a na ochranu hasičov pri ohni. Je možné konštatovať, že kyanovodík sme stanovili vo

všetkých odobratých vzorkách spalín. Najvyššie hodnoty boli dosiahnuté pri vzorke č. 2 po 15 minútach horenia (obrázkoch 5, 7).

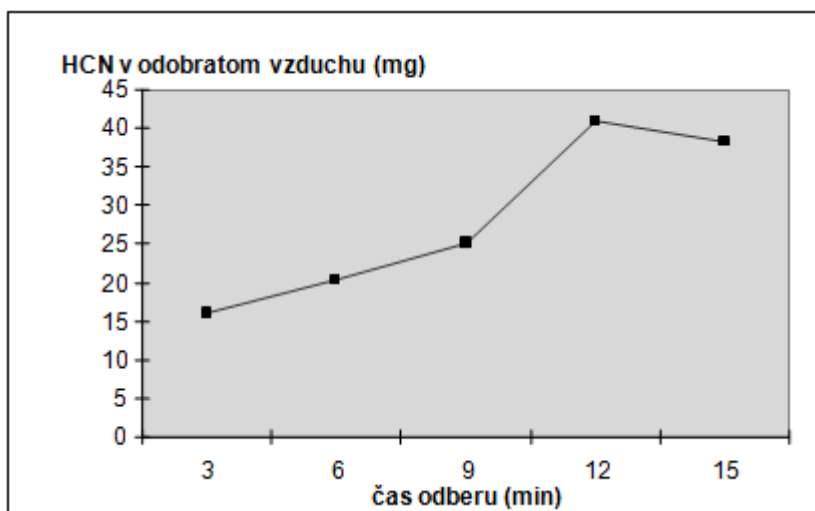
Cieľom experimentu bolo sledovať aj vývoj (nárast/pokles) vzniku tohto nebezpečného plynu. Z uvedeného dôvodu ani mierka na osi y pri obr. 4 až 6 nie je jednotná, aby sa prejavil charakter vývoja plynu pri jednotlivých vzorkách.

Na obrázku 4 je znázornený časový priebeh vývoja HCN pri vzorke 1. Z priebehu krivky jasne sledujeme nárast vývoja plynu HCN v meranom objeme vzduchu do 12 min. Potom nastáva stagnácia vývoja a zrejme pokles. Na grafe zaznamenávame mierny pokles. Toto tvrdenie je na základe merania, ktoré by malo byť možno ešte spresnené, ale aj na základe správania sa vzorky pri jej horení.

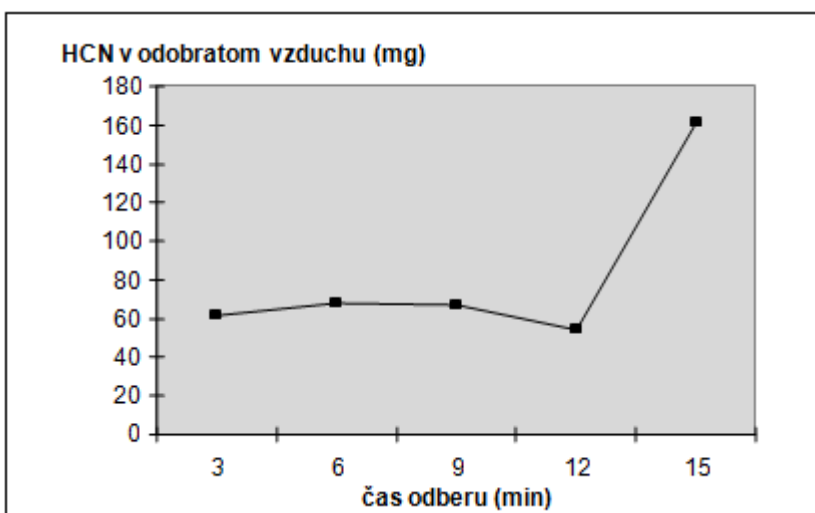
Na obrázku 5 sú priebehy vývoja HCN pre vzorku 2. Táto vzorka dopadla v našich experimentoch najhoršie. Nejde len o hodnotu v 15 min, ktorá bola najvyššia so všetkých meraní, ale keď pozorujeme priebeh na obr. 7 vidíme, že v porovnaní so vzorkou 1 a 3 v celom priebehu merania má najvyššie hodnoty. Už v tretej minúte sú hodnoty vývoja HCN trojnásobne vyššie ako u spolu testovaných vzoriek. Zaujímavý je údaj v 15 min. Prudký nárast hodnôt. Po prehorení izolácie sa časť odlúpila a vzorka sa posunula bližšie k plameňu. Toto posunutie spôsobilo tento nárast. Začala sa degradovať izolácia, ktorá bola bližšie k nosnému materiálu.

Na obrázku 6 sú priebehy vývoja HCN pre vzorku 3. Táto vzorka dopadla v našich experimentoch relatívne najlepšie. Relatívnosť vidíme v tom, že vývoj HCN je síce nízky ale v celom priebehu merania sa takmer nemení a po 9 min má len veľmi miernu klesajúcu tendenciu. Porovnanie jednotlivých priebehov vývoja HCN pri jednotlivých vzorkách najlepšie znázorňuje obrázok 7.

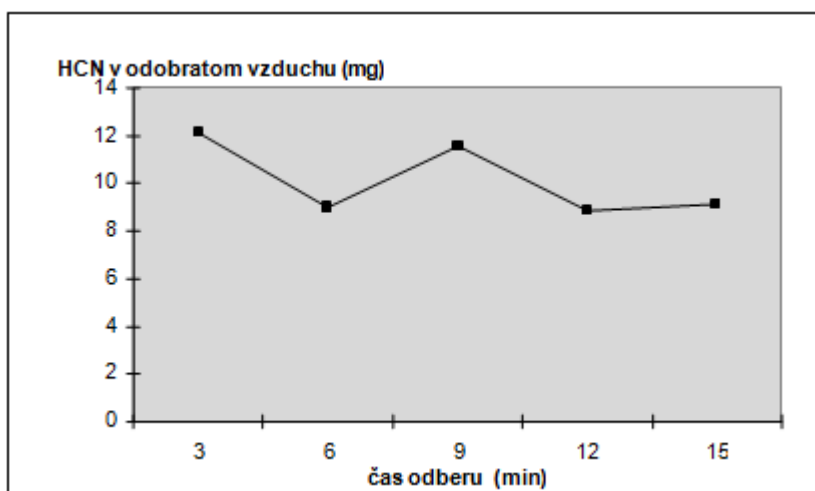
Obrázok 8 znázorňuje namerané výsledky po prepočítaní na štandardné stavové podmienky podľa vzťahu 2. Za použitia tohto výpočtu je zrejмый pokles HCN po jeho vyhorení zo vzorky.



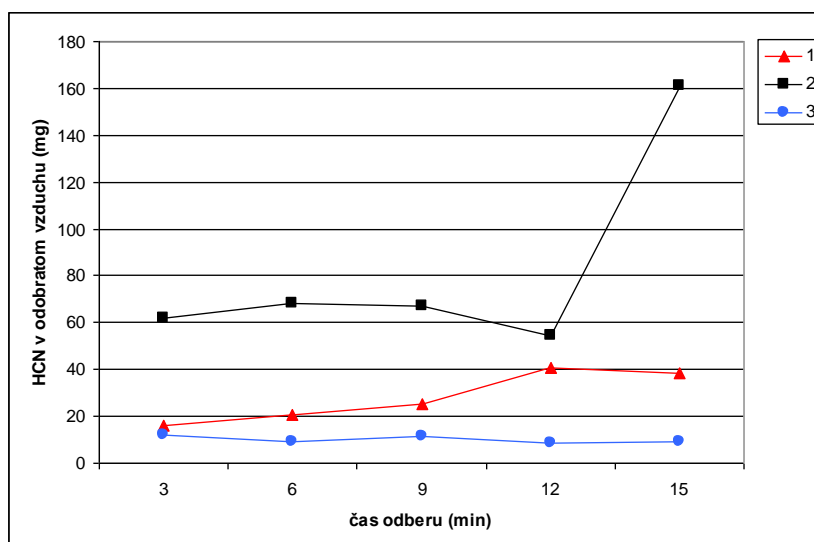
Obrázok 4. Časový priebeh vývoja HCN pri vzorke 1



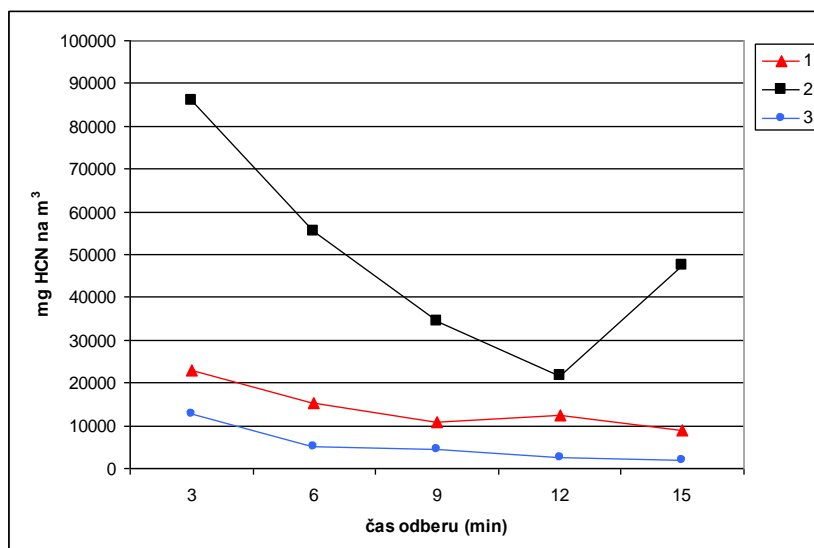
Obrázok 5. Časový priebeh vývoja HCN pri vzorke 2



Obrázok 6. Časový priebeh vývoja HCN pri vzorke 3



Obrázok 7. Časový priebeh vývoja HCN vo vzniknutých spalinách pri vzorke 1, 2, 3



Obrázok 8. Časový priebeh vývoja HCN vo vzniknutých spalinách pri vzorke 1, 2, 3 prepočítaný na štandardné stavové podmienky

ZÁVER

Skúmali sme materiál, ktorý vyhovuje kritériám požiarnej odolnosti. Je aplikovateľný do budov, uzavretých priestorov. Z hľadiska protipožiarnej ochrany je deklarovaný ako bezpečný, lebo spĺňa všetky kritériá na požiarnu odolnosť 30 min. Z hľadiska

komplexnej, integrovanej bezpečnosti však bezpečný nie je. Vznik toxických plynov, ktoré sa pri požiari miešajú so splodinami horenia, ešte viac ohrozujú nie len unikajúce osoby ale aj zasahujúcich záchranárov. Záchranári sú technicky vybavení na taký zásah, poznanie skutočnej miery ohrozenia môže byť ďalšou dôležitou výbavou ich úspechu.

LITERATÚRA

- [1] BESEDA, I., SCHWARZ, M. a kol.: Toxikológia a ekotoxikológia. TU FEE vo Zvolene, 2009, s. 106, ISBN 978-80-228-2108-7.
- [2] ESPERANZA, M.M., FONT, R., GARCIA, A.N.: Toxic byproducts from the combustion of varnish wastes based on polyurethane in a laboratory furnace. Journal of Hazardous Materials B77, 2000, s.107–121.

- [3] HAUCK, H., NEUBERGER, M.: Carbon monoxide uptake and the resulting carboxyhemoglobin in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 53, 1984, s. 186–190.
- [4] CHIAN, K.S., GAN, L.H.: Development of a rigid polyurethane foam from palm oil. *Journal of Applied Polymer Science* 68, 1998, s. 509-515.
- [5] CHOW, W.K.: Fire hazard assesment on polyurethane sandwich panels for temporary accommodation units. *Polymer Testing* 23, 2004, s. 973-977.
- [6] LE TALLEC, Y., GUILLAUME, E.: Fire gases and their chemical measurement. In: hazards of combustion products. 10 -11.11. 2008, The Royal Society, London, s. 21-41. ISBN 978-0-9556548-2-4.
- [7] OSVALD, A.: Drevostavba ≠ požiar. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2011, 336 s. ISBN 978-80-228-2220-6.
- [8] PARVULESCU, V.I., GRANGE, P., DELMON, B.: Catalytic removal of NO. *Catalysis Today* 46, 1998, s. 233-316.
- [9] PROPER HANDLING AND STORAGE OF FLEXIBLE POLYURETHANE FOAM. In: *In Touch*, volume 2, number 1, aprile 1992. [citované 17.1.2011].
- [10] SMIRNOVA, N.N., KANDEEV, K.V., MARKIN, A.V., BYKOVA, T.A., KULAGINA, T.G., FAINLEIB, A.M.: Thermodynamics of linear polyurethanes on basis of 1,4-diisocyanatobutane with 1,4-butanediol and 1,6-hexanediol in the range from $T \rightarrow 0$ to 490 K. *Thermochimica Acta* 445, 2006, s. 7–18.
- [11] TANG, Z., MERCEDES MAROTO-VALER, M., ANDRESEN, J. M., MILLER, J. W., LISTEMANN, M.L., MCDANIEL, P. L., MORITA, D. K., FURLAN, W. R.: Thermal degradation behavior of rigid polyurethane foams prepared with different fire retardant concentrations and blowing agents. *Polymer* 43, 2002, s. 6471–6479.
- [12] WALTHER, D.C., ANTHENIEN, R.A., FERNANDEZ-PELLO, A.C.: Smolder ignition of polyurethane foam: effect of oxygen concentration. *Fire Safety Journal* 34, 2000, s. 343-359.
- [13] Nariadenie vlády SR č. 300/2007 Z.z. o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou chemickým faktorom pri práci.
- [14] EN 1363-1: 2001 Skúšanie požiarnej odolnosti. – Časť 1: Základné požiadavky
- [15] <http://www.isachina.org/zgjaz/upload/fckeditor/1.fire%20safety%20on%20pu%20form%281%29.pdf> [citované 17.1.2011].